زمین‌شناسی ایران، سال دوم، شماره چهارم، بهار ۱۳۸۵، صفحات ۷۳-۸۷

ارزیابی آسیب پذیری آبخوان دشت جوین به روش های DRASTIC و GODS

کمال خدائی[۱، *]، علی اکبر شهسواری[۱] و بهروز اعتباری[۲]

چکیده

ارزیابی آسیب پذیری آبخوان برای توسعه، مدیریت و تصمیمات کاربری اراضی، نحوه پایش کیفی منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از آلودگی این آب ها بسیار مفید است. روش های DRASTIC و GODS به طور وسیعی برای ارزیابی آسیب پذیری در مقیاس ناحیه ای مورد استفاده قرار گرفته است. این تحقیق با هدف پهنه بندی آسیب پذیری آبخوان دشت جوین، تحلیل حساسیت مدل DRASTIC برای آگاهی از میزان تاثیر پذیری مدل از پارامترهای مختلف و مقایسه نتایج حاصل از مدل های DRASTIC و GODS انجام شده است. مقایسه نتایج حاصل از مدل‌های GODS و DRASTIC نشان می دهد که در هر دو روش، آسیب پذیری آبخوان دشت جوین در دو گروه آسیب پذیری کم و متوسط قرار می گیرد. در روش GODS محدوده آسیب پذیری کم ۳۵ درصد و آسیب پذیری متوسط ۶۵ درصد و در روش DRASTIC آسیب پذیری کم ۴۹ درصد و آسیب پذیری متوسط ۵۱ درصد از مساحت دشت را به خود اختصاص داده است. مقایسه این دو روش نشان می دهد که روش DRASTIC آسیب پذیری آبخوان را کمتر از روش GODS برآورد می کند. تحلیل حساسیت به دو روش تک پارامتری و حذف پارامتر انجام شده است. در روش تک پارامتری حساسیت شاخص آسیب پذیری DRASTIC به پارامترهای منطقه غیراشباع، محیط آبخوان، نوع خاک، توپوگرافی، عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص و هدایت هیدرولیکی به ترتیب کاهش می یابد. در روش حذف پارامتر حساسیت آسیب پذیری آبخوان به پارامتر های منطقه غیراشباع، عمق آب زیرزمینی، میزان تغذیه، هدایت هیدرولیکی، محیط آبخوان، توپوگرافی و خاک کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: آسیب پذیری، تحلیل حساسیت، جوین، DRASTIC، GODS

مقدمه

آب زیرزمینی از مهمترین منابع طبیعی در جهان است، در شرایط کنونی، بخشی قابل ملاحظه از مصارف آب کشور ایران به خصوص در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. در دشت جوین حدود ۹۵ درصد از مصارف شرب، کشاورزی و صنعت از منابع آب زیرزمینی تامین می گردد (خدائی و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین حفاظت کیفی آب های زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. در بسیاری از موارد آلودگی آب‌های زیرزمینی، بعد از آلوده شدن چاه های آب شرب شناسایی می‌شوند. رفع آلودگی آب زیرزمینی بسیار پرهزینه و فرآیندی طولانی است و اغلب زمانی آلودگی تشخیص داده می‌شود که رفع آلودگی آبخوان تقریبا غیرممکن می‌گردد. یکی از راه های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آب های زیرزمینی، شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آبخوان و مدیریت کاربری اراضی است. مفهوم آسیب پذیری برای اولین بار در اواخر سال ۱۹۶۰ میلادی در فرانسه برای آگاهی بخشی در مورد آلودگی آب زیرزمینی ارائه شده است (Vrba and Zoporozec, 1994). آسیب پذیری را می توان به عنوان امکان نفوذ و پخش آلاینده ها از سطح زمین به سیستم آب زیرزمینی تعریف کرد. روشهای مختلفی برای ارزیابی آسیب پذیری ارائه شده است که می توان

Archive of SID
www.SID.ir

گروه روش‌های پردازشی[1]، روش های شاخص همپوشانی و آماری تقسیم بندی کرد (Tesoriero et al., 1998). در روش های پردازشی از مدل های شبیه سازی برای تخمین حرکت آلاینده ها بهره می برند. روش های آماری از روابط همبستگی بین متغیرهای مکانی و میزان آلاینده های موجود در آب زیرزمینی استفاده می کنند. روش های شاخص _ همپوشانی پارامترهای کنترل کننده حرکت آلاینده ها از سطح زمین به منطقه اشباع را تلفیق کرده و شاخصی به نام شاخص آسیب پذیری را در نقاط مختلف یک منطقه تعیین می کنند. در روش های شاخص _ همپوشانی انتخاب ارزش عددی پارامترها تا حدودی کارشناسی بوده واین روش ها نمی توانند به عنوان یک روش دقیق پیش بینی مورد استفاده قرار گیرند. با وجود این سادگی و سهولت تهیه اطلاعات مورد نیاز آنها در مقیاس ناحیه ای از مزایای عمده این روش ها ست. روش DRASTIC از هفت پارامتر عمق آب زیرزمینی[2]، تغذیه[3]، محیط آبخوان[4]، نوع خاک[5]، توپوگرافی[6]، اثر منطقه غیر اشباع[7] و هدایت هیدرولیکی[8] برای پهنه بندی آسیب پذیری آبخوان استفاده می کند (Aller et al., 1987). روشهایDRASTIC و GODS به طور وسیعی در ایالات متحده آمریکا (Durnford et al., 1990)، پرتغال (Lobo-ferreira and Oliveira , 1997)، آفریقای جنوبی(Lynch et al. , 1997) ، کره جنوبی(Kim and ltumm, 1999) ، ژاپن (Insaf S. Babiker, et al., 2004)، اردن (Al_Adamat et al., 2003) و بسیاری از دیگرکشورها به طور موردی استفاده شده است. برخی از محققان (Barber et al., 1993; Merchant, 1994) بر این عقیده اند که با تعداد کمتری از پارامترها و با دقت بیشتر و هزینه کمتر می‌توان به نتایجی معادل مدل DRASTIC دست یافت. در بعضی از مطالعات، مدل DRASTIC را با تعداد کمتری از پارامترها انجام داده‌اند(Mclay et al., 2001) . در راستای همین دیدگاه روش GOD ارائه گردید(Chilton et al., 1990). شاخص آسیب‌پذیری GOD آسیب‌پذیری آبخوان را در برابر آلودگی براساس سه پارامتر وضعیت هیدرولیکی آب زیرزمینی در آبخوان[9]، چینه‌ها یا لایه‌های روی منطقه اشباع بر حسب وضعیت و درجه استحکام آنها[10] (که میزان ظرفیت میرایی آلاینده‌ها را تعیین می‌کنند) و عمق تا سطح ایستابی یا عمق سطح آب زیرزمینی در سفره‌های محبوس[11]، تعیین می‌کند. روش اولیه GOD به لایه خاک که یکی از مهمترین بخش های کاهش و حذف آلاینده‌ها ست به طور کاملاً صریح نپرداخته بود. به همین منظور روش GODS با لحاظ کردن پارامتر S (نشان دهنده حساسیت شست وشوی خاک) ارائه شده است .(Paez et al., 1990) روش DRASTIC در ایران برای پهنه بندی آسیب پذیری به طور موردی به کار گرفته شده است (خدائی و شهسواری، ۱۳۸۲، تجریشی و همکاران، ۱۳۷۸). آمار و اطلاعات مورد نیاز برای این روش در بیشتر دشت های ایران فراهم نبوده ومحدودیت هایی ایجاد می نماید.

در این تحقیق ضمن پهنه بندی آسیب پذیری آبخوان دشت جوین، میزان تاثیر گذاری پارامترهای DRASTIC با استفاده از روشهای تحلیل حساسیت تک پارامتری[12] و حذف پارامتر[13] مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین نتایج حاصل از دو روش DRASTIC و GODS مقایسه شده است.

منطقه مورد مطالعه

دشت جوین در شمال شرق ایران ،شمال شهرستان سبزوار و غرب شهرستان نیشابور در استان خراسان رضوی با مختصات جغرافیایی ´۳۰ °۵۶ تا ´۳۰ °۵۸ طول شرقی و ´۱۵ °۳۶ تا ´۴۵ °۳۶ عرض شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). راه آهن تهران- مشهد در ایستگاه‌های نقاب، آزادوار و سلطان آباد و جاده های آسفالته سبزوار- نیشابور و سبزوار- قوچان امکان ارتباط با آن دشت را مقدور می نمایند. دشت جوین بخشی از حوضه آبریز کویر مرکزی و به شکل محدوده فروافتاده‌ای است که توسط دو رشته ارتفاعات واقع در شمال و جنوب آن احاطه گردیده است. ارتفاعات جنوبی دارای روند تقریباً شرقی – غربی است و حوضه آبریز دشت سبزوار را در قسمت جنوبی از دشت جوین جدا می کند. این ارتفاعات عمدتاً از آندزیت بازالتی، افیولیت، توف و در حاشیه دشت گاهی از کنگلومرا و مارن تشکیل شده‌اند. آبراهه های متعددی از ارتفاعات جنوبی منشاء می گیرند که در تشکیل و تغذیه آبخوان دشت جوین نقش عمده ای ایفا کرده اند. ارتفاعات شمالی نسبت به بخش جنوبی کم ارتفاع‌تر بوده و عمدتاً از سازندهای مارنی میوسن تشکیل شده اند. در این بخش نیز روند ارتفاعات شرقی ـ غربی است. زهکش اصلی منطقه رودخانه کال شور جوین است که در شمال دشت جریان دارد و دشت را از ارتفاعات شمالی جدا می کند. با توجه به نوع و دانه بندی رسوبات و زمین ریخت شناسی منطقه رسوبات تشکیل دهنده آبخوان دشت جوین غالباً از فرسایش ارتفاعات جنوبی حاصل شده‌اند و از سمت کوهپایه به طرف شمال دشت دانه‌ریزتر می‌شوند.

روش مطالعه

پهنه بندی آسیب پذیری در محیط GIS انجام شده است. برای این منظور آمار و اطلاعات موجود وارد پایگاه اطلاعاتی GIS گردید. در این تحقیق از منابع اطلاعاتی گوناگونی از جمله نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی ارتش، ۱۳۵۲)، نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰(سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۵)، نقشه خاک (موسسه آب و خاک کشور، ۱۳۵۴)، آمار هواشناسی، هیدرولوژی، سطح آب زیرزمینی، نتایج

1. process-based
2. Depth to water
3. net Recharge
4. Aquifer media
5. Soil type
6. Topography
7. Impact of vadose zone
8. hydraulic Conductivity
9. Groundwater confinement
10. Overlying strata
11. Depth to groundwater table
12. Single_parameter sensitivity analysis
13. Map removal sensitivity analysis

Archive of SID
www.SID.ir

آزمایش های پمپاژ، لوگ حفاری چاه های مشاهده ای، اکتشافی و بهره برداری، نقشه های مطالعات ژئوفیزیکی و آمار منابع و مصارف آب از شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان و نتایج مطالعات پهنه بندی آسیب پذیری ذاتی آبخوان دشت جوین در مقابل آلودگی به روش های DRASTIC و GODS (خدائی و همکاران ۱۳۸۴)، استفاده شده است. اطلاعات نقشه ای (مانند نقشه های توپوگرافی و خاک شناسی) رقومی شده و در پایگاه سیستم های اطلاعات جغرافیایی وارد شدند و اطلاعات جدولی (سطح آب زیرزمینی) به فرمت بانک اطلاعاتی تبدیل و وارد پایگاه اطلاعاتی گردیدند.

ارزیابی آسیب پذیری به روش DRASTIC

عمق آب زیرزمینی (D): این پارامتر تعیین‌کننده عمقی است که آلوده‌کننده باید طی کند تا به سطح ایستابی برسد و اهمیت قابل توجهی دارد. معمولاً ظرفیت میرایی[1] با افزایش عمق تا سطح ایستابی افزایش می‌یابد چرا که هر چقدر سطح آب پایین تر باشد زمان حرکت و امکان پالایش آلوده‌کننده افزایش می یابد. اطلاعات آماری عمق آب زیرزمینی از چاه های مشاهده‌ای حفاری شده در آبخوان حاصل می گردد. با استفاده از عمق‌یابی ماهانه سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده ای دشت جوین و بررسی صحت و سقم داده‌ها و در صورت لزوم تصحیح آنها، با استفاده از روش درون یابی Spline نقشه هم‌ارزش عمق آب زیرزمینی تهیه شده است (شکل ۲).

تغذیه خالص (R): تغذیه خالص مقدار آبی است که از سطح زمین نفوذ کرده و به سطح ایستابی می‌رسد. تغذیه آب زیرزمینی موجب می‌شود تا آلوده‌کننده به صورت عمودی انتقال یافته و به سطح ایستابی برسد و به صورت افقی در آبخوان حرکت کند. این مؤلفه حجم آبی را که موجب پراکنش و رقیق‌سازی آلوده‌کننده در مناطق اشباع و غیراشباع می‌گردد، کنترل می کند. معمولاً هر قدر تغذیه بیشتر باشد، پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی نیز بیشتر است. طبیعی است در صورتی که تغذیه بسیار کم باشد، احتمال آلودگی بسیار کاهش می‌یابد.

منابع تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت جوین عبارتند از: تغذیه ناشی از ریزش های جوی (Rp)، تغذیه ناشی از جریانات سطحی و رواناب ها (R_y)، پساب برگشتی به آب زیرزمینی ناشی از مصارف کشاورزی، شرب و صنعت (R_w). بنابراین تغذیه خالص (تغذیه کل)از حاصل جمع آنها به دست می آید. با درون یابی خطوط هم باران (خدائی و همکاران، ۱۳۸۴) وتبدیل آن به فرمت رستری در محیط GIS، مدل رقومی بارندگی حاصل گردید. نرم افزارهای GIS توابع محاسباتی زیادی دارند که می توان به راحتی با اعمال درصد نفوذ مستقیم از بارندگی نقشه میزان تغذیه مستقیم از بارندگی را در سطح دشت به دست آورد. در مواردی که نقشه همباران موجود نباشد پس از تهیه مدل رقومی ارتفاع زمین، با استفاده از رابطه بارندگی و ارتفاع، مدل رقومی بارندگی به دست می آید و با اعمال درصد نفوذ از بارندگی در محیط GIS نقشه میزان تغذیه از بارندگی تهیه می گردد. در دشت جوین میزان نفوذ مستقیم از بارندگی ۱۰ درصد، در نظر گرفته شده است (خدائی و همکاران، ۱۳۸۴) . برای تهیه نقشه میزان آب برگشتی ناشی از پساب کشاورزی یک شبکه تیسن برای چاه های بهره برداری ایجاد شده و میزان آب برگشتی به عنوان درصدی از مصارف کشاورزی تعیین شده است. درصد نفوذ از مصارف کشاورزی در دشت جوین ۲۰ درصد تعیین گردیده است (خدائی و همکاران، ۱۳۸۴). در محل ورود رودخانه ها به دشت مخروط افکنه های متعددی تشکیل شده که از رسوبات نسبتاً دانه درشت تشکیل شده اند. تقریباً آب هیچ کدام از این رودخانه ها به جز در مواقع سیلاب شدید، به رودخانه اصلی دشت جوین (کال شور) نمی رسد و در مخروط افکنه ها نفوذ می کند. برای تهیه نقشه میزان تغذیه از جریان های سطحی، مخروط افکنه رودخانه های منطقه را در محیط GIS با استفاده از تصویر ماهواره ای تفکیک کرده و بر اساس مطالعات هیدرولوژی (خدائی و همکاران، ۱۳۸۴) و درصد نفوذ از آب های سطحی نقشه تغذیه از آب های سطحی (Rr) نیز تهیه شده است. نقشه تغذیه خالص، از حاصل جمع تغذیه از بارندگی، نفوذ از جریان های سطحی و رواناب ها و پساب برگشتی از مصارف کشاورزی، شرب و صنعت در محیط GIS تهیه شده است (شکل ۳).

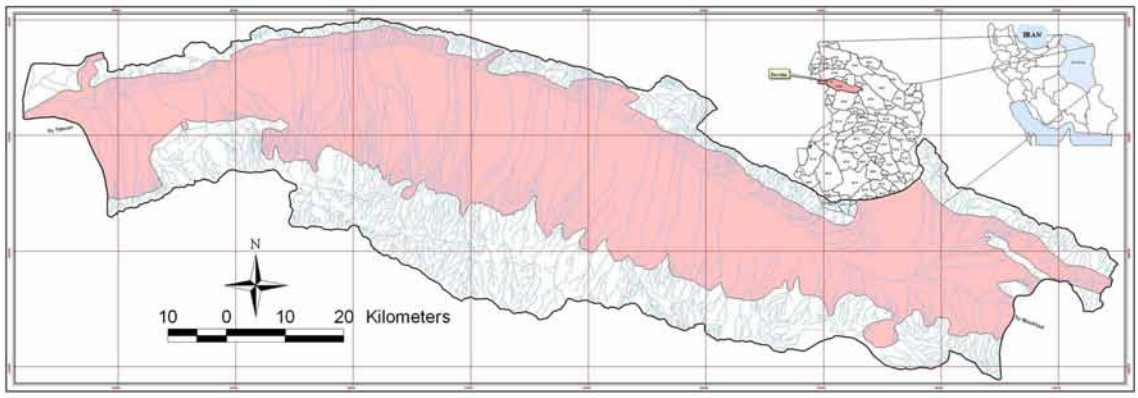
– محیط آبخوان (A): محیط آبخوان بیانگر ویژگی میرایی مواد تشکیل دهندهٔ آبخوان است. این ویژگی خود نشان دهنده میزان پویایی و تحرک آلودگی، در میان اجزای آبخوان است. اطلاعات مربوط به محیط آبخوان در دشت جوین از کاوش های زیرسطحی (لوگ حفاری‌های اکتشافی، پیزومتری و چاه های بهره برداری)، کاوش های ژئوفیزیکی و زمین شناسی منطقه به دست می آید. در دشت جوین نقشه موقعیت لوگ حفاری های اکتشافی، مشاهده ای عمیق تهیه شده و بر اساس بررسی های اکتشافی و با توجه به روش استاندارد DRASTIC خصوصیات محیط آبخوان ارزش گذاری شده است (شکل ۴).

نوع خاک (S): لایه خاک معمولاً با ضخامتی حدود ۰/۵ تا ۲ متر به لحاظ میکروبیولوژی منطقه بسیار فعال به شمار می‌رود. لایه خاک به دلیل فعالیت نسبتاً بالای میکروبی، وجود مواد آلی بالا و وجود ریشه گیاهان، برای حذف و کاهش غلظت آلاینده‌ها از پتانسیل بالایی برخوردار است. در این تحقیق نقشه خاک منطقه که توسط موسسه آب وخاک کشور تهیه شده، رقومی شده است (شکل ۵).

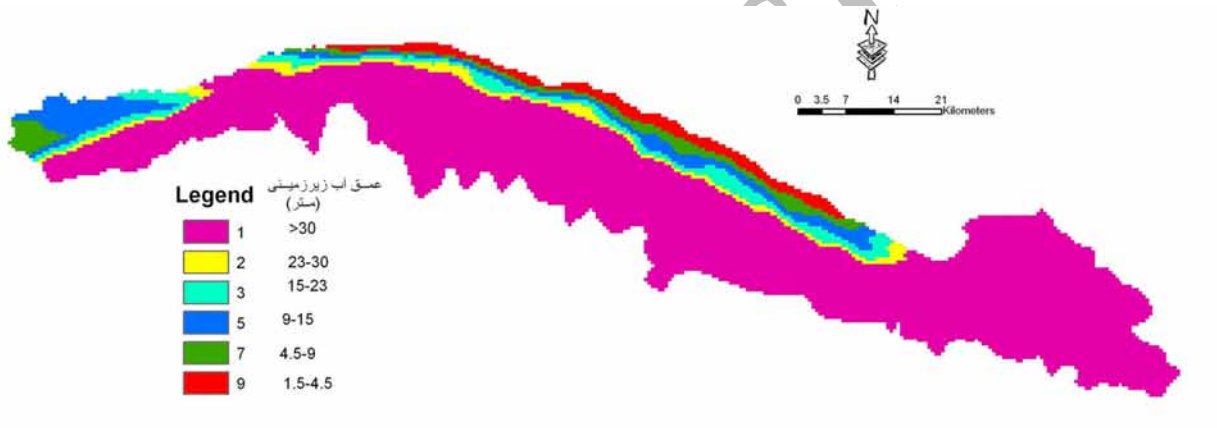
توپوگرافی (T): توپوگرافی حرکت آلوده‌کننده و نگهداری آن را بر سطح زمین در کنترل دارد. شیب‌های کم موجب کندی حرکت آلوده کننده ها در سطح زمین کند شده و آلوده‌کننده‌ها شانس بیشتری برای نفوذ می یابند. بنابر این شیب کم پتانسیل بیشتری برای آلودگی آب زیرزمینی ایجاد می کند. همچنین توپوگرافی بر گسترش خاک و در نتیجه بر میرایی آلوده‌کننده مؤثر

1.Attenuation capacity

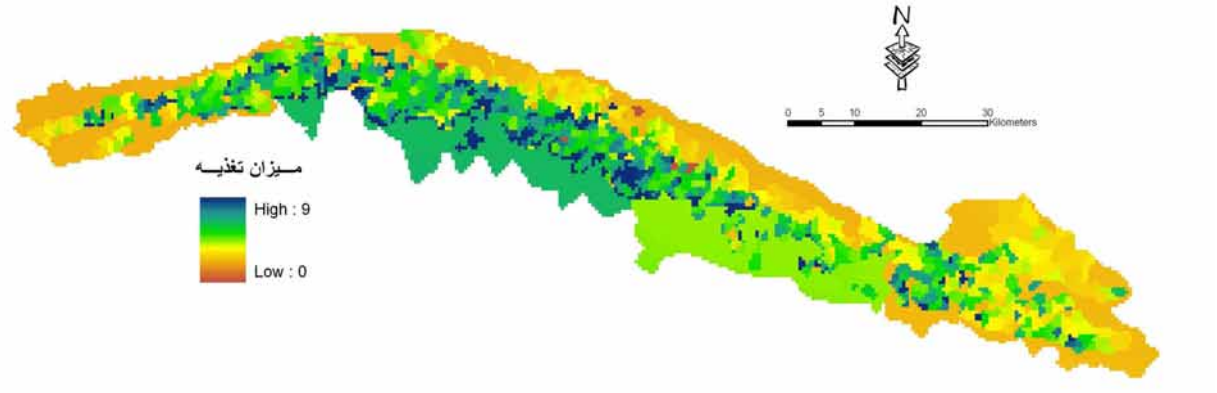
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- نقشه موقعیت دشت جوین



شکل ۲- نقشه کلاسه بندی شده عمق آب زیرزمینی



شکل ۳- نقشه میزان تغذیه آب زیرزمینی- سانتیمتر در سال

www.SID.ir

اســت. در محدوده جوین برای تهیه نقشــه شــیب از نقشه های رقومی سازمان جغرافیایی ارتش با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شده اســت. برای این منظور نقشه های توپوگرافی در نرم افزار Arc-GIS به مدل رقومی ارتفاع تبدیل شــده و ســپس نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاع محاسبه و استخراج شده است (شکل ۶).

اثــر منطقه غیر اشــباع (I): بیانگر خصوصیــت میرایی مواد تشــکیل دهندهٔ آبخوان در بخش غیر اشــباع اســت و از اهمیت زیــادی در ارزیابی آســیب پذیــری برخوردار اســت. نحوه تهیه اطلاعات مربوط به منطقه غیر اشــباع همانند محیط آبخوان است با این تفاوت که در این مورد دانه بندی و خصوصیات رســوبات مابین سطح آب زیرزمینی و سطح زمین مورد توجه قرار می گیرد (شکل ۷).

هدایــت هیدرولیکــی (C): ایــن پارامتر بیان کننــده قابلیت هدایت آب و آلاینده های محلول در آن است. اطلاعات مربوط به هدایت هیدرولیکی از محاسبات آزمایش پمپاژ حاصل می‌گردد. در مناطقی که آزمایش پمپاژ انجام نگردیده است، براساس مقادیر نمونه و ســاختارهای مشابه، نوع و بافت رسوبات تشکیل دهنده آبخــوان هدایت هیدرولیکی تخمین زده می‌شــود. در این تحقیق نقشــه هدایت هیدرولیکــی از نتایج مدل ریاضــی آب زیرزمینی دشــت جوین (خدائی و همکاران، ۱۳۸۴) اســتخراج شده است (شکل ۸).

– تهیه نقشــه آســیب پذیری به روش DRASTIC : پس از تهیه پارامترهای مورد نیاز برای ارزیابی آســیب پذیری به روش DRASTIC اقدام به تهیه نقشــه آسیب پذیری شده است. در این روش از تلفیق پارامترهای هفت گانه بر اســاس رابطه۱ شاخص آسیب پذیری به دست می آید که در آن r ارزش کلاسه بندی شده هر پارامتر و w وزن هر یک از پارامترها است.

رابطه ۱ DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + IrIw + CrCw = شاخص آسیب‌پذیری DRASTIC

کلاســه بنــدی و ارزش گذاری کلاســهای مختلف مربوط به هر کــدام از پارامترها بر اســاس روش اســتاندارد DRASTIC (Aller et al., 1987)، در محیط GIS انجام شده است (جداول ۱ تا ۸) . به هر پارامتر مدل DRASTIC و نســبت به اهمیت هر یک از آنها در آســیب‌پذیری، وزنی برابــر ۱ تا ۵ اختصاص داده می‌شــود. به مهمترین آنها وزن ۵ و کم‌اهمیت‌ترین آنها وزن یک داده می‌شــود. از تلفیق این پارامترها نقشه‌ای حاصل خواهد شد که آســیب‌پذیری ذاتی آب زیرزمینی را در مقابل آلودگی در تک تک سلول ها به صورت طیف رنگی نشان می‌دهد.

بــا تلفیق پارامترها طبــق رابطه ۱ ، نتیجــه حاصله یک لایه شــبکه ای اســت که در این لایه ســلول‌های دارای اعداد بزرگتر بیان کننده مناطقی هســتند که آسیب‌پذیری ذاتی آب زیرزمینی در مقابل آلودگی بیشتر است و سلول‌های دارای ارزش عددی کمتر مناطقی را نشان می‌دهند که آسیب‌پذیری ذاتی آبهای زیرزمینی در مقابل آلودگی در این مناطق کمتر می‌باشــد. در مدل DRASTIC شــاخص نهایی حاصل ضرب ارزش عددی رتبه بندی شــده هر پارامتر در وزن آن پارامتر اســت. به عنــوان مثال به پارامتر عمق آب زیرزمینــی وزن ۵ اختصاص داده شــده و ارزش عددی رتبه های مختلف عمق آب زیرزمینی از ۱ تا ۱۰ تغییر می کند. بنابراین شــاخص DRASTIC حاصل از پارامتر عمق آب زیرزمینی از ۵ تا ۵۰ تغییر می کند. به همین ترتیب پارامترهای تغذیه از ۴ تا ۴۰، محیــط آبخوان از ۳ تا ۳۰، نوع خاک از ۲ تا ۲۰، توپوگرافی از ۱ تا ۱۰، اثر منطقه غیراشــباع از ۵ تا ۵۰ و هدایت هیدرولیکی از ۳ تا ۳۰ متغیر می باشــند. بنابراین برای تبدیل شاخص DRASTIC به درجات مختلف آســیب پذیری کافی است ارزش عددی رتبه های هــر پارامتر به پنــج قســمت (۱–۲ ،۲–۴ ،۴–۶، ۶–۸ و ۸–۱۰)تقســیم و در وزن پارامتر ضرب گــردد. حاصل جمع تمامی پارامترها برای هر قســمت بیانگر درجات آسیب پذیری خواهد بــود. بنابراین می‌توان شــاخص آســیب‌پذیری را بــه پنج گروه آســیب‌پذیری قابل اغماض از ۲۳ تا ۴۶ ، آسیب‌پذیری کم از ۴۷ تا ۹۲ ، آسیب‌پذیر متوسط ۹۳ ـ۱۳۶ ، آسیب‌پذیری زیاد از ۱۳۷ تا ۱۸۴ و آســیب‌پذیری خیلی زیاد از ۱۸۴ تا ۲۳۰ تقسیم‌بندی کرد. محدوده جوین در دو گروه آســیب پذیری کم و متوسط قرار می گیرد (شــکل ۹). آســیب پذیری آبخوان پتانسیل آبخوان را برای آلودگی نشــان می دهد و نباید با خطر آلودگی اشتباه گردد. بدین معنی که ممکن اســت در یک منطقه آســیب پذیری کم و متوسط باشــد ولی بدلیل حضور گســترده منابع آلاینــده ، از نظر آلودگی منطقه پر خطری باشد. بر عکس ممکن است در منطقه ای آسیب پذیری بالا باشــد ولی به دلیل نبود منابــع آلاینده هیچ گونه خطر آلودگی آب زیرزمینی را تهدید نکند.

جدول۱ ـ کلاسه بندی و ارزش گذاری عمق آب‌زیرزمینی(Aller et al., 1987)

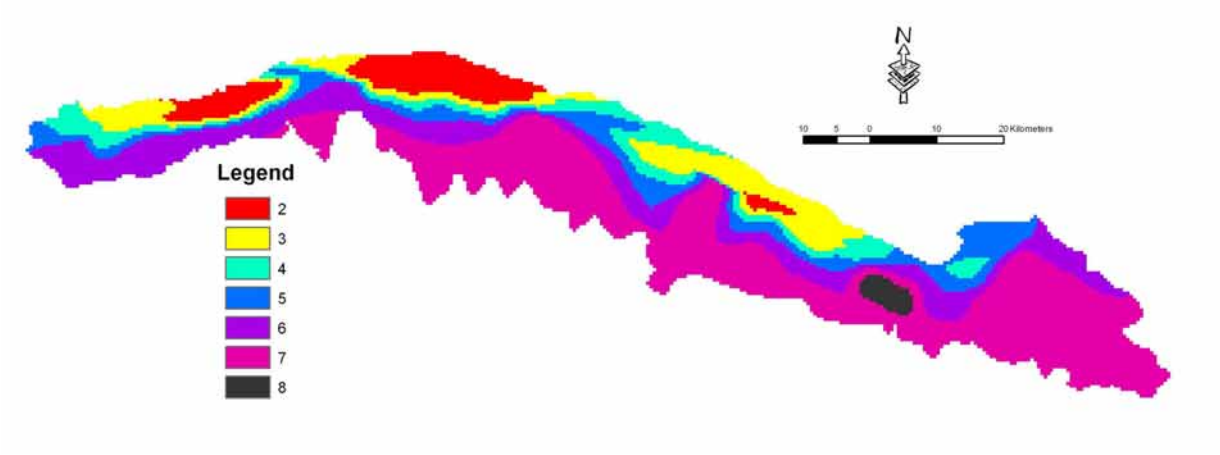
محدوده (m)	رتبه‌بندی
۰ – ۱/۵	۱۰
۱/۵ – ۴/۵	۹
۵/۴ – ۹	۷
۹ – ۱۵	۵
۱۵ – ۲۳	۳
۲۳ – ۳۰	۲
۳۰ »	۱

جدول۲ـ کلاسه بندی و ارزش گذاری تغذیه خالص (Aller et al., 1987)

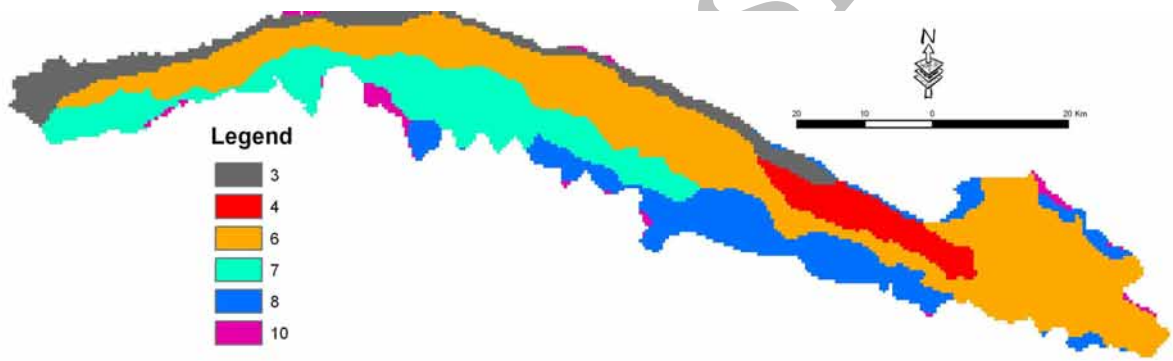
محدوده (cm/year)	رتبه‌بندی
۰ – ۵	۱
۵–۱۰	۳
۱۰ –۱۸	۶
۱۸ – ۲۵	۸
۲۵ »	۹

Archive of SID

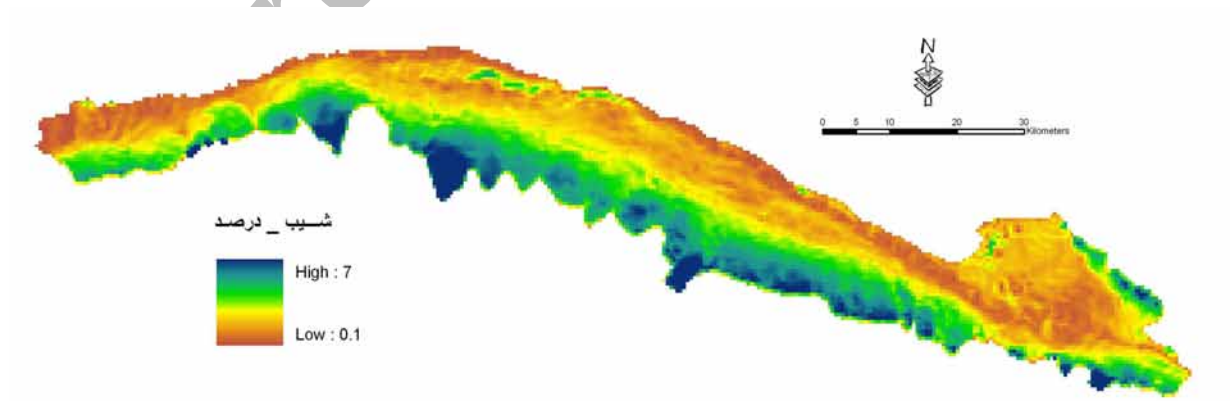
www.SID.ir



شکل ۴- نقشه کلاسه بندی شده ارزش محیط آبخوان بر اساس روش استانداردDRASTIC

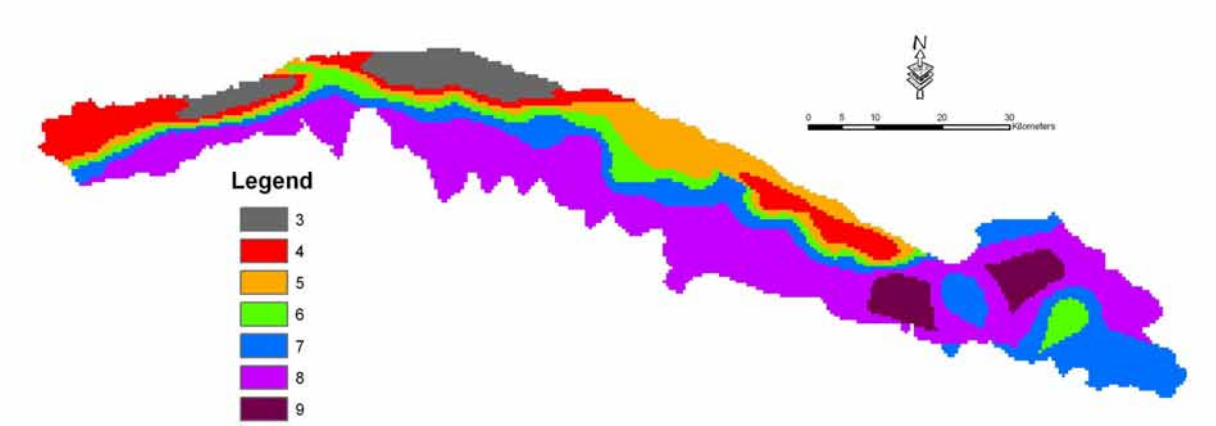


شکل ۵- نقشه کلاسه بندی شده ارزش نوع خاک بر اساس روش استاندارد DRASTIC

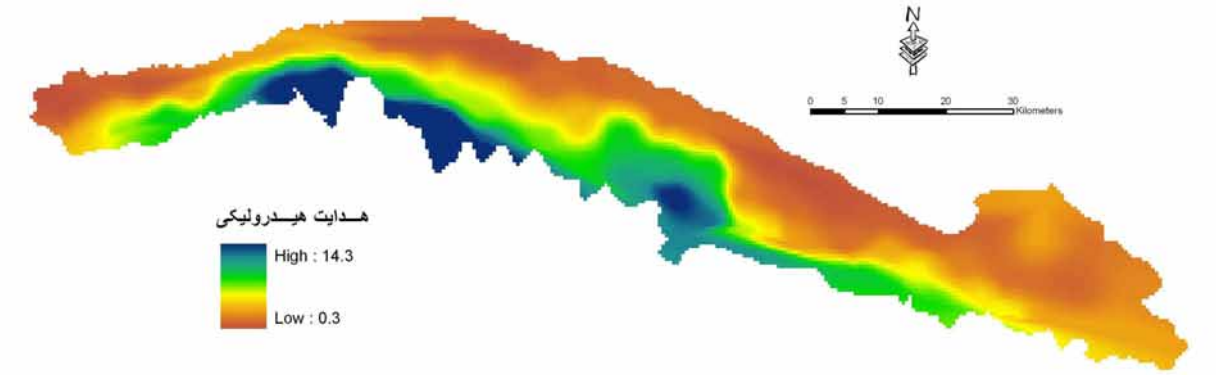


شکل ۶- نقشه شیب توپوگرافی دشت جوین بر حسب درصد

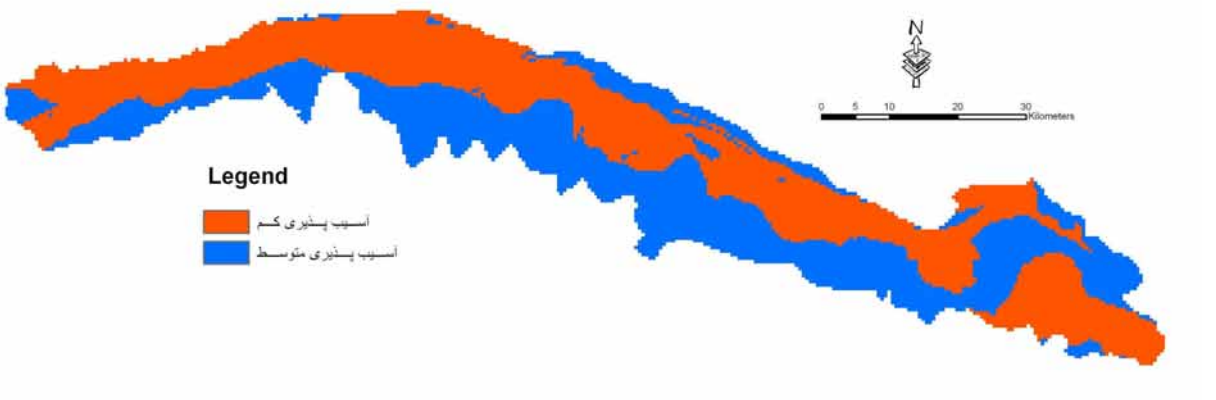
www.SID.ir



شکل ۷- نقشه کلاسه بندی شده ارزش اثر منطقه غیراشباع بر اساس روش استاندارد DRASTIC



شکل ۸- نقشه هدایت هیدرولیکی دشت جوین بر حسب متر بر روز (خدائی و همکاران، ۱۳۸۴)



شکل ۹- نقشه پهنه های آسیب پذیری دشت جوین به روش DRASTIC

www.SID.ir

جدول ۳ ـ کلاسه بندی و ارزش گذاری محیط آبخوان (Aller et al., 1987)

محدوده	رتبه‌بندی	رتبه‌بندی تیپیک
شیل توده‌ای	۳-۱	۲
آذرین / دگرگونی	۵-۲	۳
آذرین / دگرگونی هوازده	۵-۳	۴
یخرفت‌ها	۶-۴	۵
ماسه‌سنگ لایه لایه، سنگ‌آهک و توالی شیل ها	۹-۵	۶
ماسه‌سنگ توده‌ای	۹-۴	۶
سنگ‌آهک توده‌ای	۹-۴	۶
شن و ماسه	۹-۴	۸
بازالت	۱۰-۲	۹
سنگ‌آهک کارستی	۱۰-۹	۱۰

جدول۵ ـ کلاسه بندی و ارزش گذاری منطقه غیراشباع آبخوان(Aller et al., 1987)

محدوده	رتبه‌بندی	رتبه‌بندی تیپیک
لایه محبوس‌کننده	۱	۱
سیلت/ رس	۶-۲	۳
شیل	۵-۲	۳
سنگ‌آهک	۷-۲	۶
ماسه‌سنگ	۸-۴	۶
ماسه‌سنگ ، سنگ‌آهک و شیل های لایه لایه	۸-۴	۶
شن و ماسه با مقدار زیادی رس وسیلت	۸-۴	۶
آذرین / دگرگونی	۸-۲	۴
شن و ماسه	۹-۶	۸
بازالت	۱۰-۲	۹
سنگ‌آهک کارستی	۱۰-۸	۱۰

جدول ۴ ـ کلاسه بندی و ارزش گذاری نوع خاک (Aller et al., 1987)

محدوده	رتبه‌بندی
نازک یا نبود لایه خاک	۱۰
شن	۱۰
ماسه	۹
کود گیاهی(peat)	۸
رس فشرده / یا متراکم	۷
لوم ماسه‌ای	۶
لوم	۵
لوم سیلتی	۴
لوم رس‌دار	۳
کود(muck)	۲
رس غیرمتراکم	۱

جدول۶ ـ کلاسه بندی و ارزش گذاری درصد شیب توپوگرافی(Aller et al., 1987)

محدوده (m/day)	رتبه‌بندی
۲-۰	۱۰
۶-۲	۹
۱۲-۶	۵
۱۸-۱۲	۳
« ۱۸	۱

جدول۷ ـ کلاسه بندی و ارزش گذاری هدایت هیدرولیکی (Aller et al., 1987)

محدوده	رتبه‌بندی
۵-۵/۰	۱
۱۵ – ۵	۲
۳۵ – ۱۵	۴
۵۰ – ۳۵	۶
۱۰۰ – ۵۰	۸
« ۱۰۰	۱۰

جدول ۸ – وزن‌های نسبت داده شده به پارامترهای هفت‌گانهDRASTIC (Aller et al., 1987)

پارامتر	وزن
عمق آب زیرزمینی (D)	۵
تغذیه خالص (R)	۴
مواد تشکیل‌دهنده آبخوان (A)	۳
نوع خاک (S)	۲
توپوگرافی (T)	۱
اثر منطقه غیراشباع (I)	۵
هدایت هیدرولیکی آبخوان (C)	۳

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی آسیب پذیری به روش GODS

این روش از چهـار پارامتر نوع آبخوان، خصوصیات منطقه غیـر اشـباع، عمق آب زیرزمینـی و نوع خاک اسـتفاده می کند. ارزش کلاس هـای مختلـف پارامترها از صفر تـا یک تغییر می کند و به تمامی پارامترها وزن یکسـانی اختصاص داده می شود. شـاخص آسـیب پذیری GODS از حاصل ضـرب پارامترها به دست می آید.

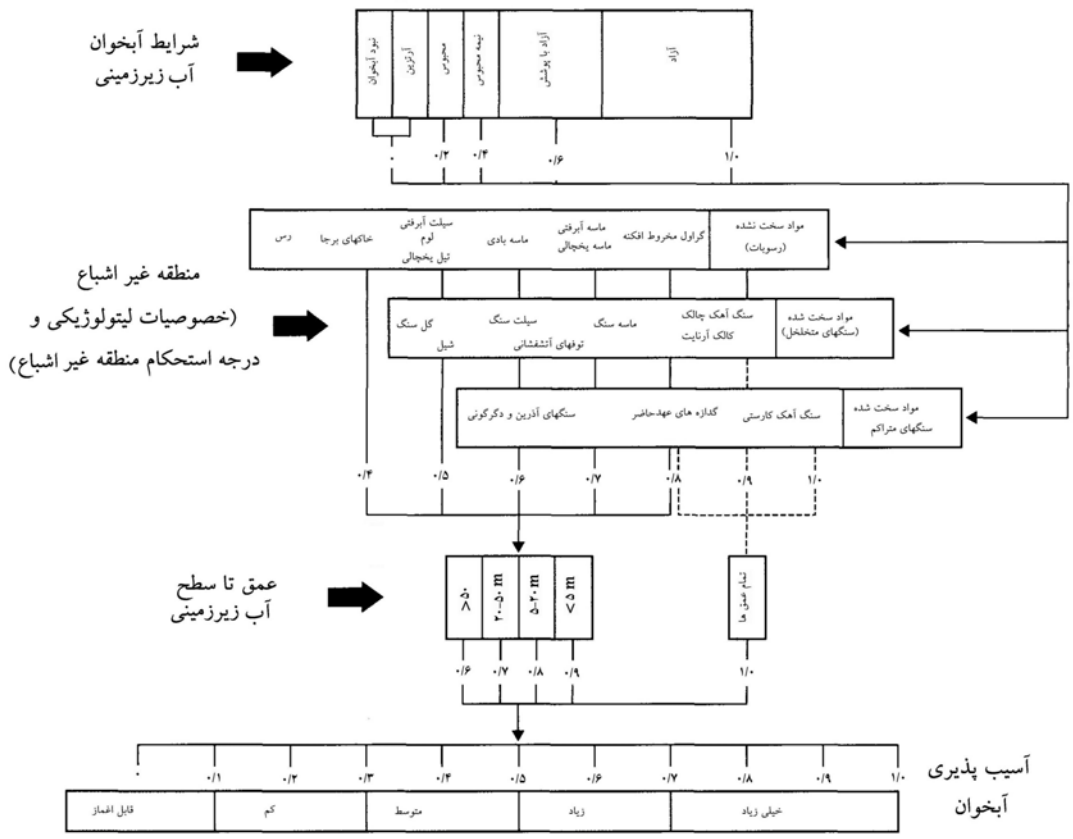
نوع آبخوان (G): اطلاعات مربوط به نوع آبخوان با اسـتفاده ازاطلاعات نقشه منابع آب حاصل می گردد. تعیین حدود گسترش و نوع آبخوان های دشت جوین بر اساس لوگ حفاری چاه های مشـاهده ای، بهره برداری و اکتشـافی و گزارش ها و اطلاعات موجود صورت گرفته است. بر اساس لوگ حفاری چاه ها آبخوان دشـت جوین از نوع آزاد اسـت و فقط در بخش هایی از شمال دشت حوالی رودخانه کال شور، لوگ حفاری چاه ها دارای رس می باشند. از اینرو بخش های فوق تفکیک شده و از نوع آبخوان آزاد همراه با پوشش رسی در نظر گرفته شده است. در این روش که در شـکل ۱۰ نشان داده شده است، ارزش گذاری نوع آبخوان از صفر تا یک می باشد (Chilton et al., 1990).

چینه ها یا لایه های منطقه غیر اشباع (O): این پارامتر ظرفیت میرایی آلاینده‌ها را تعیین می‌کند. مشـخصات و ویژگی های لایه غیراشـباع با اسـتفاده از اطلاعات چاه های اکتشـافی و یا سایر چاه های حفر شده در محدوده مورد مطالعه به دست آمده است. مشـخصات لایه غیر اشباع همانند روش DRASTIC می باشد با ایـن تفاوت که ارزش رده هـای آن در روش GODS از صفر تا یک تغییر می کند (شکل ۱۰).

عمق آب زیرزمینی (D): نحوه تهیه این پارامتر همانند روش DRASTIC است ولی محدوده و ارزش رده ها در روش GODS متفاوت است (شکل ۱۰).

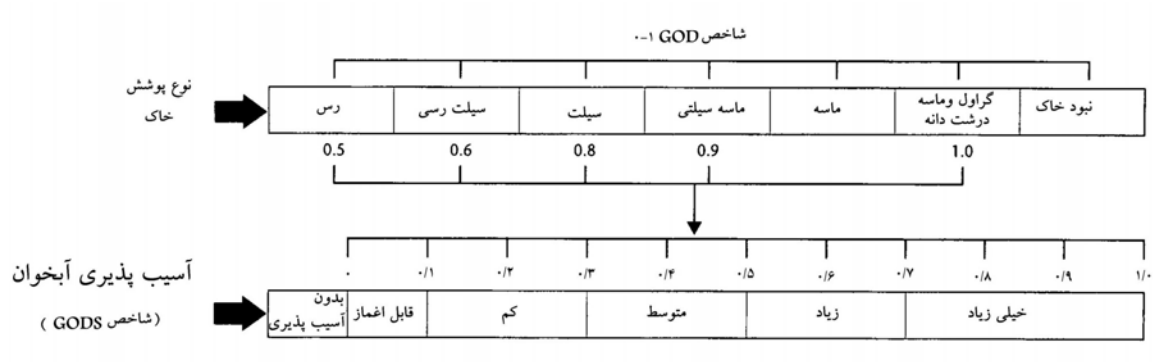
نـوع خـاک (S): نحوه تهیه پارامتر نوع خـاک همانند روش DRASTIC است ولی محدوده و ارزش رده ها در روش GODS متفاوت است (شکل ۱۱).

از حاصل ضـرب پارامترهای فوق نقشـه‌ای حاصل خواهد شـد که ارزش عددی سـلولهای آن از صفر تا یک متغیر است. با کلاسـه‌بندی آن به پنج گروه قابل اغماض(۰-۰/۱)، آسیب‌پذیری کـم(۰/۱-۰/۳)، متوسـط(۰/۳-۰/۵)، زیـاد(۰/۵-۰/۷) و خیلـی زیاد(۰/۷-۱) نقشـه آسیب‌پذیری آبخوان تهیه می‌گردد. شکل ۱۲ نقشـه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشـت جوین را به روش GODS نشان می‌دهد.

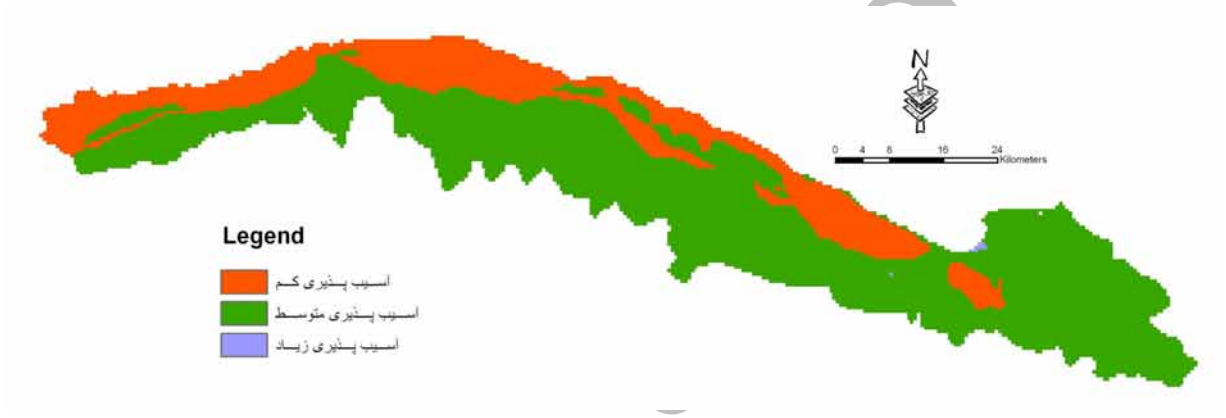


شکل ۱۰- نحوه تعیین محدوده و ارزش گذاری پارامترهای روش GOD (Chilton et al., 1990)

www.SID.ir



شکل ۱۱- نحوه اعمال نوع خاک و تبدیل شاخص GOD به شاخص GODS (Paez et al., 1990)



شکل ۱۲- نقشه پهنه های آسیب پذیری دشت جوین به روش GODS

تحلیل حساسیت مدل DRASTIC

یکی از مزیت‌هـای اصلی مدل DRASTIC ، انجام ارزیابی آسـیب‌پذیری با اسـتفاده از تعداد زیاد لایـهٔ اطلاعاتی (پارامتر) اسـت (Evans & Myers, 1990) زیرا عقیده بر این است که در ایـن حالت، اثرات خطاهـا و عدم قطعیت‌هـای موجود در یک پارامتر منفرد در خروجی نهایی محدود می‌گردد (Rosen, 1994) . برخـی از محققان(Barber et al., 1993; Merchant, 1994) بر ایـن عقیده انـد که با تعداد کمتری از پارامترها و با دقت بیشـتر و هزینـه کمتر می‌توان به نتایجی معادل مدل DRASTIC دسـت یافت. در برخی از مطالعات، مدل DRASTIC را با تعداد کمتری از پارامترها انجام داده‌اند (Mclay et al., 2001) . در این تحقیق، میزان تاثیرگذاری هر کدام از پارامترها برای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخـوان جوین با اسـتفاده از تحلیل حساسـیت مورد بررسـی قرار می‌گیرد. ابتدا، پارامترهای کلاسـه‌بندی شـده DRASTIC به لحاظ همبسـتگی و تغییرپذیری ارزیابی می‌شـوند. دو نوع تحلیل حساسیت حذف پارامتر و تحلیل حساسیت تک پارامتری در این تحقیق انجام شده است. تحلیل حساسیت حذف پارامتر، حساسیت نقشـه آسـیب‌پذیری را به حذف یک یا چند پارامتر نشان می‌دهد و از طریق رابطه ۲ محاسـبه می‌گـردد(Lodwick et al., 1990).

$$S = \left(\frac{\| V/N - V'/n \|}{V} \right) \times ۱۰۰$$ رابطه ۲

S میـزان حساسـیت را نشـان می‌دهد. V و V′ بـه ترتیب، شاخص‌های آسیب‌پذیری بدون حذف و با حذف پارامتر می‌باشند و N و n تعداد لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده برای محاسبهٔ V و V′ هستند. شاخص آسیب‌پذیری اصلی مدل DRASTIC حاصل از تمامـی هفت پارامتر به عنوان V و شـاخص حاصل از حذف یک یا چند پارامتر به عنوان V′ در نظر گرفته می‌شود.

تحلیل حساسـیت تک پارامتری اثر هر کـدام از پارامترهای DRASTIC را بر روی شاخص آسیب‌پذیری ارزیابی می‌کند. این تحلیل حساسیت برای مقایسه وزن واقعی هر کدام از پارامترها با وزن تئوریکی اختصاص داده شده در مدل تحلیلی انجام می‌شود. وزن مؤثر یا وزن واقعی هر سـلول با اسـتفاده از رابطه۳ محاسبه می‌گردد (Napolitano & Fabbri, 1996).

$$W = (PrPw / V) \times 100$$ رابطه ۳

W عبـارت اسـت از وزن مؤثر پارامتـر، Pr و Pw به ترتیب ارزش عددی کلاسـه‌بندی شده و وزن پارامتر بوده و V شاخص کلی آسیب‌پذیری است.

Archive

www.SID.ir

بحث و نتایج

پارامترهای DRASTIC و پهنه بندی آسیب پذیری

در کلاسه‌بندی و ارزش‌گذاری عمق آب زیرزمینی به روش DRASTIC تقریباً ۸۰ درصد منطقه در کلاس عمق آب زیرزمینی بیش از ۳۰ متر قرار می‌گیرد. عمق بیشتر از ۳۰ متر حداقل ارزش عددی (برابر یک) را دارا است. این بدین معنی است که در اعماق بیشتر از ۳۰ متر پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی کاهش می یابد. عمق آب زیرزمینی در دشت جوین از جنوب به شمال در فاصله‌ای حدود ۱۶ کیلومتر بیش از ۱۷۰ متر تغییرات نشان می‌دهد.

محدودهٔ جوین جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد. میانگین کل بارندگی در دشت جوین ۲۱۸ میلی متر در سال است، از طرفی متوسط تبخیر از تشت ۲۳۷۰ میلی متر در سال است. بنابراین میزان تغذیه در دشت جوین از طریق نفوذ مستقیم از بارندگی و رواناب ها چندان قابل توجه نیست. پس از کلاسه‌بندی و ارزش‌گذاری میزان تغذیه، به جز بخش های محدودی که آب برگشتی کشاورزی نسبتاً زیاد است، کل محدودهٔ دشت در کلاس یک یعنی بین صفر تا ۵۰ میلیمتر نفوذ در سال قرار می‌گیرد.

رسوبات تشکیل دهنده آبخوان دشت جوین حاصل فرسایش ارتفاعات مجاور است. رسوباتی که از ارتفاعات جنوبی منشأ می‌گیرند، بدلیل گسترش سنگ های آذرآواری آهکی و آمیزه رنگین در این ارتفاعات عمدتاً درشت دانه بوده و به سمت شمال دشت از اندازهٔ دانه‌ها کاسته می‌شود. به طوری که در حوالی کال شور جوین رسوبات تشکیل دهنده آبخوان براساس لوگ حفاری چاه ها عمدتاً رس و سیلت است. پس از کلاسه‌بندی و ارزش گذاری محیط آبخوان به روش DRASTIC ملاحظه می‌گردد که بخش های قابل توجهی از جنوب آبخوان در کلاس ۸ قرار می‌گیرد که به تدریج به سمت شمال کلاس های ۷، ۶، ۵، ۴، ۳ و ۲ مشاهده می‌گردد. کلاس ۲ و ۳ در حاشیه رودخانه کال شور با رسوبات رسی و سیلتی واقع شده‌اند. کلاس ۸ بیانگر بیشترین پتانسیل آلودگی و کلاس ۲ کمترین پتانسیل را برای آلودگی نشان می دهند.

در جنوب دشت که مخروط افکنه‌های متعددی گسترش یافته‌اند، به دلیل این که حاوی رسوبات دانه درشت هستند و نیز به دلیل فرسایش آبی و بادی زیاد، ضخامت لایه خاک خیلی کم بوده و دارای بافت سبک از جنس شن و ماسه می‌باشد. تقریباً از میانه های دشت به سمت شمال ، پروفیل خاک تکمیل شده و به تدریج بر میزان رس و سیلت افزوده می شود. در حاشیه های رودخانه کالشور (نواحی شمالی دشت) پروفیل خاک عمدتاً از رس و سیلت تشکیل شده است. لایه خاک در شش کلاس (۱۰، ۸، ۷، ۶، ۴ و ۳) طبقه بندی شده است.

اثرات توپوگرافی در آسیب پذیری آبخوان در شیب توپوگرافی منعکس می گردد. بدین ترتیب که شیب توپوگرافی با پتانسیل آلودگی رابطه عکس دارد. شیب توپوگرافی در دشت جوین حداکثر تا ۷/۵ درصد در مخروط افکنه‌های جنوبی دشت می‌رسد که به سمت شمال دشت و حوالی رودخانه کال شور جوین شیب کمتر می‌شود. شیب دشت جوین در سه کلاس ۷، ۹ و ۱۰ قرار می‌گیرد که کلاس ۷ از گسترش بسیار کمتری برخوردار است و می‌توان از آن صرف نظر کرد. کلاس ۱۰ بیشترین پتانسیل را برای آلودگی فراهم می کند.

ویژگی های منطقه غیراشباع تابع زمین‌شناسی پیرامون آبخوان است. روند تغییرات جنس رسوبات تشکیل دهنده منطقه غیراشباع تقریباً مشابه محیط آبخوان است و تفاوت هایی در دانه‌بندی زون اشباع و غیراشباع در برخی از لوگ های حفاری مشاهده می‌شود. اثر زون غیراشباع در دشت جوین در کلاس های ۳ تا ۹ واقع می‌شوند که کلاس ۸ با رسوبات شن و ماسه‌ای همراه با اندکی رس و سیلت، بیشترین گسترش را دارد و قسمت جنوبی دشت را تقریباً تا میانه‌های دشت به سمت شمال پوشش می‌دهد. کلاس های ۳ و ۴ که در شمال دشت و پیرامون رودخانه کال شور جوین قرار می‌گیرند، عمدتاً از رس، سیلت و اندکی ماسه تشکیل شده‌اند و گسترش کمتری دارند.

هدایت هیدرولیکی آبخوان دشت جوین براساس مطالعات مدل ریاضی از ۰/۳ تا ۱۴/۵ متر برروز متغیر است و کل دشت در دو کلاس با ارزش عددی ۱ و ۲ قرار می‌گیرد. هدایت هیدرولیکی بدلیل گسترش رسوبات دانه درشت در قسمت جنوبی بیشتر از قسمت شمالی است.

با تلفیق پارامترهای فوق به روش شاخص _ همپوشانی نقشه پهنه بندی آسیب پذیری به روش DRASTIC تهیه گردید. محدودهٔ دشت جوین در دو گروه آسیب‌پذیری کم و متوسط قرار می‌گیرد(شکل ۹). بدین ترتیب که تقریبا نیمه شمالی دشت در گروه آسیب پذیری کم و نیمه جنوبی دشت در گروه آسیب پذیری متوسط قرار می گیرد. در روش DRASTIC حدود ۴۹ درصد از محدوده دشت در نیمه شمالی در گروه آسیب پذیری کم و ۵۱ درصد در گروه آسیب پذیری متوسط قرار دارد.

پارامترهای GODS و آسیب‌پذیری آبخوان

پارامترهای D(عمق تا سطح آب زیرزمینی)، O (استحکام لایه های رویی – منطقه غیر اشباع– به لحاظ نفوذپذیری) و S (حساسیت شست وشوی خاک) در روش GODS معادل پارامترهای DRASTIC هستند، فقط نحوه ارزش‌گذاری و کلاسه‌بندی در روش GODS متفاوت می‌باشد. پارامتر G در این روش به نوع آبخوان از لحاظ آزاد یا محبوس بودن مربوط می‌شود که در دشت جوین آبخوان از نوع آزاد در نظر گرفته شده و فقط بخش هایی از شمال آبخوان در حاشیه رودخانه کالشور جوین از نوع آزاد با پوشش رسی در نظر گرفته شده است.

نتیجه حاصل از مدل GODS بیانگر این است که دشت جوین در دو کلاس آسیب پذیری کم و متوسط قرار می گیرد. حدود ۶۵ درصد از آبخوان (از حاشیه جنوبی به سمت شمال دشت) در گروه آسیب پذیری متوسط و حدود ۳۵ درصد از

Archive of SID
www.SID.ir

آبخوان در حاشیه شمالی دشت حوالی رودخانه کال شور جوین در کلاس آسیب پذیری کم قرار می گیرد.

تحلیل حساسیت مدل DRASTIC

تحلیل حساسیت حذف پارامتر با حذف یک یا چند پارامتر انجام شده و نتایج آن در جدول ۹ ارائه شده است. جدول ۹ تغییرات در شاخص DRASTIC را برای حذف یک پارامتر به صورت متوالی نشان می دهد. بیشترین تغییر در شاخص آسیب پذیری در حذف پارامتر I (اثر منطقه غیراشباع) اتفاق می افتد. این موضوع به دلیل اهمیت زیاد پارامتر I و وزن زیاد آن در روش DRASTIC و خصوصیات منطقه غیراشباع در دشت جوین می باشد. حساسیت شاخص آسیب پذیری به حذف پارامتر عمق آب زیرزمینی در رتبه دوم قرار دارد. همچنین حساسیت شاخص آسیب پذیری به میزان تغذیه بعد از عمق آب زیرزمینی و در رتبه سوم قرار دارد. شاخص آسیب پذیری حساسیت کمتری به پارامترهای هدایت هیدرولیکی ، محیط آبخوان ، توپوگرافی و خاک نشان می دهد به طوری که حذف پارامتر خاک کمترین حساسیت را شامل می شود.

تحلیل حساسیت تک پارامتری، وزن موثر هر پارامتر را با وزن تئوری آن پارامتر مقایسه می کند. وزن موثر، تابعی است از ارزش یک پارامتر نسبت به پارامترهای دیگر بعلاوه وزن اختصاص داده شده به آن توسط مدل DRASTIC . وزن موثر پارامترهای DRASTIC در محدوده جوین نسبت به وزن های تئوریک انحرافاتی نشان می دهند (جدول ۱۰). پارامتر اثر منطقه غیراشباع بیشترین وزن موثر را دارد. وزن تئوریک این پارامتر ۲۱/۷ درصد است در حالی که میانگین وزن موثر آن ۳۶/۵ درصد می باشد. در تحلیل حساسیت به روش حذف پارامتر نیز شاخص آسیب پذیری DRASTIC بیشترین حساسیت را به پارامتر اثر منطقه غیراشباع نشان می دهد. محیط آبخوان دومین وزن موثر را دارا است. وزن تئوریک محیط آبخوان ۱۳ درصد و میانگین وزن موثر آن ۱۸/۲۶ درصد می باشد. سومین وزن موثر را پارامتر نوع خاک با میانگین ۱۳/۸ درصد دارد. وزن تئوریک نوع خاک ۸/۷ درصد است. پارامتر توپوگرافی نیز وزن موثر بیشتری نسبت به وزن تئوریک دارد. وزن موثر توپوگرافی در مدل DRASTIC جوین ۱۱/۳ است در حالی که وزن تئوریک آن ۴/۳ می باشد. وزن موثر پارامترهای عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص و هدایت هیدرولیکی کمتر از وزن تئوریک آنها است. به لحاظ تئوری در روش DRASTIC کمترین وزن مربوط به توپوگرافی است ولی در مدل DRASTIC جوین کمترین وزن موثر را هدایت هیدرولیکی و بعد از آن تغذیه خالص دارد. در روش تحلیل حساسیت تک پارامتری ، حساسیت شاخص آسیب پذیری به پارامترهای محیط آبخوان، نوع خاک، توپوگرافی، عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص و هدایت هیدرولیکی به ترتیب کاهش می یابد.

جدول ۹- تغییرات شاخص DRASTIC در ازای حذف پارامترهای مختلف

پارامتر حذف شده	شاخص تغییر برحسب درصد			
	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
D	۱/۷۱	۰	۶/۵۴	۰/۹۷
R	۱/۶۱	۰	۱/۸۲	۰/۱۴
A	۰/۹۱	۰	۱/۷۳	۰/۴
S	۰/۳۸	۰	۱/۴۵	۰/۳۸
T	۰/۵۵	۰	۱/۲۱	۰/۲۱
I	۳/۷۱	۰/۲۵	۵/۸۶	۱/۱۶
C	۱/۱۸	۰	۱/۹۳	۰/۳۹

مقایسه روش های GODS و DRASTIC

در هر دو روش آسیب پذیری، آبخوان دشت جوین در دو گروه آسیب پذیری کم و متوسط قرار می گیرد. ولی حدود گسترش محدوده های آسیب پذیری متفاوت است. در هر دو روش محدوده آسیب پذیری متوسط در جنوب دشت و محدوده آسیب پذیری کم در شمال دشت واقع شده است. در روش GODS محدوده آسیب پذیری کم تقریباً در حوالی رودخانه کال شور جوین گسترش دارد و در مجموع ۳۵ درصد از مساحت دشت را به خود اختصاص داده است و ۶۵ درصد دشت در گروه آسیب پذیری متوسط قرار می گیرد. براساس نتایج مدل DRASTIC حدود ۴۹ درصد از محدوده دشت در نیمه شمالی در گروه آسیب پذیری کم و ۵۱ درصد در گروه آسیب پذیری متوسط قرار دارد. با مقایسه این دو روش می توان نتیجه گرفت که روش DRASTIC آسیب پذیری آبخوان را کمتر از روش GODS برآورد می کند. میزان همبستگی دو روش ۳۹ درصد می باشد.

جدول ۱۰- مشخصات آماری تحلیل حساسیت تک پارامتری

پارامتر	وزن تئوری	وزن تئوری (٪)	وزن موثر(٪)				
			انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	
D	۵	۲۱/۷	۱۱/۴	۱۱/۲	۵۰/۶	۴/۶	
R	۴	۱۷/۴	۰/۹	۴/۶	۱۷/۶	۳/۴	
A	۳	۱۳	۴/۵	۱۸/۳	۲۴/۷	۶/۳	
S	۲	۸/۷	۳/۲	۱۳/۸	۲۱/۸	۵/۵	
T	۱	۴/۳	۲	۱۱/۳	۲۰/۴	۷	
I	۵	۲۱/۷	۷	۳۶/۶	۴۹/۴	۱۵/۸	
C	۳	۱۳	۱/۲	۴/۲	۹/۵	۲/۵	

روش DRASTIC از بیشترین پارامتر های موثر در آسیب پذیری ذاتی برای پهنه بندی استفاده می کند. هم چنین در این روش به دلیل تعداد زیاد پارامترها، اثر عدم قطعیت برخی از

Archive of SID

www.SID.ir

پارامترهـا تا حدودی خنثی می گردد. بدیـن ترتیب که در روش DRASTIC در مواقعـی که عـدم قطعیت در یکـی از پارامترها زیاد باشـد، اثر آن تا حدودی توسـط پارامترهای دیگر پوشـش داده می شـود. در حالی که در روش GODS عدم قطعیت در هر پارامتـری نتیجه پهنه بنـدی را تا حدود زیـادی متاثر می نماید. ولی پهنه بندی آسیب پذیری به روش DRASTIC هزینه و زمان بیشـتری را نسـبت به روش GODS می طلبد. زیرا این روش از هفت پارامتر برای ارزیابی آسـیب پذیری استفاده می کند و تهیه و فراهم نمودن پارامترهای مورد نیاز برای پهنه بندی در برخی از موارد به ویژه در ایران به دلیل کمبود آمار و اطلاعات پایه امکان پذیر نیسـت. روش GODS از چهار پارامتر اسـتفاده می کند که سـه مورد از آنها (O, D, S) با روش DRASTIC مشترک است. فراهـم نمودن اطاعات مورد نیاز برای ارزیابی آسـیب پذیری به روش GODS بـه مراتب سـاده تر بوده و بـه هزینه کمتری نیاز دارد. ولـی در روش GODS میزان تغذیه سـطحی لحاظ نشـده اسـت که از ضعف های عمده این مدل محسـوب می شود، زیرا میزان تغذیه سطحی آبخوان در آسیب پذیری بسیار موثر است.

بنابر آنچه که بیان شد دقت روش DRASTIC بیشتر بوده و بر روش GODS ترجیـح دارد هر چند که از هزینه بالایی برخوردار است. و در مواردی هم که برخی از پارامترها دارای عدم قطعیت هستند، پیشـنهاد می گردد ابتدا مدل DRASTIC با عدم قطعیت موجود اجرا شـده و سـپس تحلیل حساسیت صورت پذیرد. اگر حساسیت مدل به پارامتر دارای عدم قطعیت زیاد نباشد می توان از نتایج مدل اسـتفاده کـرد، در غیر این صورت یا باید اطلاعات مورد نیاز فراهم گردد یا روش دیگری انتخاب شود.

یکـی از معایب هر دو روش این اسـت که کلاسـه بندی و ارزش گذاری پارامترها تا حدودی کارشناسـی اسـت، بنابراین همیـن موضوع خود باعث بروز عدم قطعیت در نتایج می شـود. بـرای رفع این ایراد پیشـنهاد می شـود تحقیقـات در خصوص آسـیب پذیری ویژه نسـبت به آلاینده های معمول مانند نیترات، آفت کشها و غیره انجام شده و مدل های DRASTIC و GODS کالیبره گردد.

نتیجه گیری

در این تحقیق نقشـه پهنه بندی آسـیب پذیری ذاتی آبخوان دشت جوین در مقابل آلودگی با استفاده از مدل های DRASTIC و GODS در محیط GIS تهیه شـده است. در روش DRASTIC از هفـت پارامتر عمـق آب زیرزمینی(D)، تغذیـه خالص (R)، محیـط آبخوان (A)، نوع خـاک (S)، توپوگرافی (T)، اثر منطقه غیراشـباع (I) و هدایت هیدرولیکی (C) برای پهنه بندی آسیب پذیری ذاتی آبخوان استفاده شـده است. بر پایه نتایج حاصل از مدل سـازی DRASTIC، آسیب پذیری آبخوان دشت جوین در دو گروه آسیب پذیری کم و متوسط واقع می شود. که تقریباً نیمه شـمالی دشت در گروه آسـیب پذیری کم و نیمه جنوبی در گروه آسیب پذیری متوسط قرار می گیرد.

در روش GODS از چهار پارامتر شـرایط آبخوان به لحاظ محبوس یا غیرمحبوس بودن ،(G) جنس محدوده غیراشباع (O)، عمق آب زیرزمینی (D) و جنس خاک (S) برای پهنه بندی آسیب پذیری آبخوان اسـتفاده می شـود. براساس نتایج حاصل از مدل GODS آسـیب پذیری آبخوان دشـت جوین در دو گروه آسیب پذیری کم و متوسـط قرار می گیـرد. همانند روش DRASTIC، آسیب پذیری کم در حاشیه شمالی دشت واقع شده است.

مقایسـه نتایج حاصل از روش هـای GODS و DRASTIC نشـان می دهد که در هر دو روش، آسـیب پذیری آبخوان دشت جوین در دو گروه آسـیب پذیری کم و متوسـط قـرار می گیرد. ولی حدود گسـترش محدوده های آسیب پذیری متفاوت است. در هر دو روش محدوده آسـیب پذیری متوسط در جنوب دشت و محدوده آسـیب پذیری کم در شـمال دشـت واقع شده است. در روش GODS محـدوده آسـیب پذیری کم تقریبـاً در حوالی رودخانه کال شـور جوین گسـترش دارد و در مجموع ۳۵ درصد از مسـاحت دشـت را به خود اختصاص داده است. ۶۵ درصد دشـت در گروه آسیب پذیری متوسـط قرار می گیرد و در روش DRASTIC حدود ۴۹ درصد از محدوده دشـت در نیمه شمالی در گـروه آسـیب پذیری کم و ۵۱ درصد در گروه آسـیب پذیری متوسـط قرار دارد. با مقایسه این دو روش می توان نتیجه گرفت که روش DRASTIC آسـیب پذیری آبخـوان را کمتر از روش GODS برآورد می کند. اسـتفاده از پارامترهای زیاد، تا حدودی خنثی کردن اثرات عدم قطعیت پارامترها و در نتیجه دقت نسـبی بالای روش DRASTIC از مزایای آن و پرهزینه بودن انجام آن و کمبود اطلاعات پایه برای تهیه پارامترها، از معایب آن می باشـد. مزیت عمده روش GODS سـادگی و کم هزینـه بودن انجام آن می باشـد. ولی این روش به دلیـل لحاظ نکردن تمام پارامترهای موثر در آسیب پذیری ذاتی به ویژه تغذیه سطحی از دقت کمتری برخوردار اسـت. به طور کلـی روش DRASTIC برای ارزیابی آسـیب پذیری علی رغم پر هزینه بودن آن از دقت نسبی بالاتری برخوردار است. در مواردی که عدم قطعیت در پارامترهای روش DRASTIC وجـود دارد و بـا توجه به نتایج تحلیل حساسـیت، در صورتی که مدل به پارامتر مورد نظر حساسـیت بالایی نداشته باشد، می توان آن را حذف کرد.

در این تحقیق تحلیل حساسـیت به دو روش حذف پارامتر و تک پارامتری انجام شـده است. شاخص آسیب پذیری DRASTIC بیشـترین حساسـیت را در هر دو روش تحلیل حساسـیت به پارامتر اثر منطقه غیراشـباع نشـان می دهد. حساسیت آسیب پذیری آبخوان به روش DRASTIC پس از منطقه غیراشـباع، به ترتیب به عمـق آب زیرزمینی، میزان تغذیه، هدایت هیدرولیکی، محیط آبخوان، توپوگرافی و خاک کاهش می یابد.نتایج حاصل از روش تحلیل حساسیت تک پارامتری نشان می دهد که حساسیت شاخص آسیب پذیری DRASTIC به پارامترهای منطقه غیراشباع، محیط آبخوان، نوع خاک، توپوگرافی، عمق آب زیرزمینی، تغذیه

Archive of SID

www.SID.ir

خالص و هدایت هیدرولیکی به ترتیب کاهش می یابد.

سپاس گزاری

این تحقیق با حمایت مالی کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان انجام رسیده است که بدین وسیله سپاس گزاری می گردد. هم چنین از مسئولان پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی که در طی انجام این تحقیق ما را یاری نمودند تشکر می گردد.

منابع

– تجریشی، م.، ابریشمچی، ا.، موسوی س. ر.، تفضلی، م.، اعلم الهدی، ع. ا.، توفیق، م. و پورکاشانی، ف.، ۱۳۷۸. ارائه روشی به منظور ارزیابی آسیب پذیری آب های زیرزمینی نسبت به مصرف سموم و آفت کش ها. مجموعه مقالات پژوهشی دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

– خدائی، ک. و شهسواری، ع.، ۱۳۸۲. پهنه بندی آسیب پذیری آب زیرزمینی آبخوان دشت بهبهان در مقابل آلودگی با استفاده از روش DRASTIC . بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

– خدائی، ک.، شهسواری، ع.، اعتباری ب. و هاتفی، ر.، ۱۳۸۴. پهنه بندی آسیب پذیری ذاتی آبخوان دشت جوین در مقابل آلودگی با استفاده از روش های DRASTIC و GODS . کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان.

– سازمان جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۵۲. نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰.

– سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، ۱۳۷۵. نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰.

– موسسه آب و خاک کشور، ۱۳۵۴. نقشه خاک دشت جوین و اسفراین.

– Al-Adamat, R.A.N., Foster, I.D.L. and Baban, S.M.J., 2003. Groundwater vulnerability and riskmapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, Remote sensing and DRASTIC. Applied Geography, 23, 303–324.

- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.J. and Hackett. G., 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. EPA-600/2-87-035. Ada, Oklahoma: U.S. Environmental Protection Agency.

- Barber, C., Bates LE., Barron, R. and Allison H., 1993. Assessment of the relative vulnerability of groundwater to pollution: a review and background paper for the conference workshop on vulnerability assessment. J Austr Geol Geophys,14(2/3), 1147– 54.

- Chilton, P.J., Vlugman, A. and Foster, S., 1990. A groundwater pollution risk assessment for public water supply sources in Barbados, American Water Resources Association International Conference on Tropical Hydrology and Caribbean Water resources, San Juan de Puerto Rico, 279-289.

- Durnford, D.S., Thompson, K.R., Ellerbrook, D.A., Loftis, J.C. and Davies, G.S., 1990. Screening methods for ground water pollution potential from pesticide use in Colorado agriculture. Colorado Water Resources Research Institute, Fort Collins, Completion Report No. 157, 165.

- Evans, BM. and Myers, W.L., 1990. A GIS-based approach to evaluating regional groundwater pollution potential with DRASTIC. J Soil Water Conserv, 45,242– 5.

- Insaf, S., Mohamed, A.A., Tetsuya and Kikuo K., 2004. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan, journal of Science of the Total Environment, vol. xxx– xxx.

- Kim, Y.J. and Hamm, S., 1999. Assessment of the potential for ground water contamination using the DRASTIC/ EGIS technique, Cheongju area, South Korea, Hydrogeology Journal 7, No. 2, 227-235.

- Lobo Ferreira, J.P. and Oliveira, M., 2003. On the Experience of Groundwater Vulnerability Assessment in Portugal, Aquifer Vulnerability and Risk International Workshop AVR03, Salamanca, Gto. México.

- LoboFerreira, J.P. and Oliveira, M., 1997. DRASTIC ground water vulnerability mapping of Portugal, Proceedings from the 27th Congress of the International Association for Hydraulic Research, San Francisco, USA, 132-137.

- Lodwick, WA., Monson, W. and Svoboda, L., 1990. Attribute error and sensitivity analysis of map operations in geographical information systems: suitability analysis. Int J Geogr Inf Syst;4(4),413– 28.

- Lynch, S.D., Reynders, A.G. and Schulze, R.E., 1997. A DRASTIC approach to ground water vulnerability in South Africa. South African Journal of Science, No. 2, 93, 59-60.

- McLay, C.D.A., Dragten, R., Sparling, G. and Selvarajah, N., 2001. Predicting groundwater nitrate concentrations in a region of mixed agricultural land use: a comparison of three approaches. Environ Pollut,115,191–204.

- Merchant, J.W., 1994. GIS-based groundwater pollution hazard assessment: a critical review of the DRASTIC model. Photogramm Eng Remote Sensing, 60(9),1117– 27.

- Napolitano, P. and Fabbri, A.G., 1996, Single-parameter sensitivity analysis for aquifer vulnerability assessment using DRASTIC and SINTACS HydroGIS, 96: application of geographical information systems in hydrology and water resources management. Proceedings of Vienna Conference. IAHS Pub, 235, 559–66.

- Paez, G., 1990. Evaluacion de la vulnerabilidad a la contaminacion de las agues subterraneas en el Valle del Cauca, Informe Ejecutivo, Corporeginal del Valle del Cauca, Cauca, Colombia.

Archive of SID

www.SID.ir

AVI: A Method for Groundwater Protection Mapping in the Prairie Provinces of Canada. PPWD pilot project, Sept. 1991 - March 1992. Groundwater and Contaminants Project, Environmental Sciences Division, National Hydrology Research Institute.
- Vrba, J. and Zoporozec A., 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH International Contribution for Hydrogeology, 16. Hannover7 Heise, 131.
- Rosen, L., 1994. A study of the DRASTIC methodology with emphasis on Swedish conditions. Ground Water, 32(2),278 –85.
- Tesoriero, A.J., Inkpen, E.L. and Voss, F.D., 1998. Assessing ground-water vulnerability using logistic regression. Proceedings for the Source Water Assessment and Protection 98 Conference, Dallas, TX, 157– 65.
- Van Stempvoort, D., Ewert, L. and Wassenaar, L., 1992.

(۱، *). نویسنده مرتبط: گروه پژوهشی زمین شناسی، پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاددانشگاهی
(۱). گروه پژوهشی زمین شناسی، پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاددانشگاهی
(۲). شرکت آب منطقه ای خراسان

Archive of SID

www.SID.ir